

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-274744

(43)Date of publication of application : 18.10.1996

(51)Int.Cl.

H04J 11/00
H04L 27/34

(21)Application number : 07-074138

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 30.03.1995

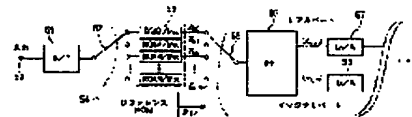
(72)Inventor : MIYATO YOSHIKAZU
ITO YASU
MOMOSHIRO TOSHIHISA
IKEDA YASUNARI

(54) SYSTEM AND METHOD FOR MODULATION AND DEMODULATION BY QUADRATURE FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a quadrature frequency division multiplexing system(OFDM) which is adaptive to QAM.

CONSTITUTION: For modulation, a modulation device for OFDM which performs discrete inverse Fourier transformation as for plural points is provided with a reference code sending-out device 54 which inserts a reference signal, e.g. data in a pseudo-random series periodically into between normal data to be sent, and the reference signal is inserted into the normal signal to be sent and they are modulated and sent out. For demodulation, a demodulation device for OFDM which performs discrete Fourier transformation as to plural points is provided with a reference signal detection device which detects the reference signal, a device which calculates a phase error and an amplitude error by using the detected reference signal, and a device which corrects a received transmitted signal by referring to the phase error and amplitude error.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

11.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2003 Japan Patent Office

BEST AVAILABLE COPY

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-274744

(43) 公開日 平成8年(1996)10月18日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 11/00			H 0 4 J 11/00	Z
H 0 4 L 27/34			H 0 4 L 27/00	E

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願平7-74138

(22) 出願日 平成7年(1995)3月30日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 宮戸 良和

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 伊藤 誠

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 百代 俊久

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 弁理士 佐藤 隆久

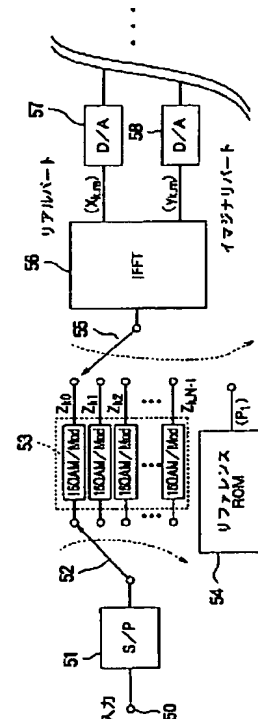
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直交周波数分割多重方式による変復調システムとその方法

(57) 【要約】

【目的】 QAMにも適合可能な直交周波数分割多重方式 (OFDM) を提供する。

【構成】 変調の際、複数ポイントについて離散逆フーリエ変換を行う OFDM の変調装置に、伝送すべき正規のデータの間に周期的に参照信号、たとえば、疑似ランダム系列のデータを挿入する参照符号送出装置 54 を設け、伝送すべき正規の信号に参照信号を挿入して変調し、送出する。また、復調の際、複数ポイントについて離散フーリエ変換を行う OFDM の復調装置に、参照信号を検出する参照信号検出装置、該検出した参照信号を用いて位相誤差および振幅誤差を算出する装置、該位相誤差および振幅誤差を参照して受信した伝送信号を補正する装置を設ける。



参照信号発生器を有した OFDM 変調装置の実施例

【特許請求の範囲】

【請求項1】変調の際、複数ポイントについて離散逆フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式の変調装置に、伝送すべき正規のデータの間に周期的に参照信号を挿入する参照符号送出装置を設け、前記伝送すべき信号に前記参照信号を挿入して変調し、送出すること特徴とする直交周波数分割多重方式の変調装置。

【請求項2】前記参照信号発生装置を有する変調装置は前記正規のデータを伝送するシンボルと前記参照信号を伝送するシンボルとに分離し、1つのシンボルに前記データと前記参照信号を混在させないことを特徴とする、請求項1記載の変調装置。

【請求項3】前記参照信号発生装置は前記参照信号として、疑似ランダム系列のデータに対応した信号点データを送出することを特徴とする、請求項1または2記載の変調装置。

【請求項4】前記参照信号発生装置の参照信号データは数値およびデータの系列が時不変であることを特徴とする、請求項1または2記載の変調装置。

【請求項5】前記参照信号発生装置は、実部と虚部の2つの参照信号発生用ROMを有し、前記参照信号をテーブルの形式で保存しておくことを特徴とする、請求項2～4いずれか記載の変調装置。

【請求項6】前記変調装置は変調として多値QAM変調を行う、請求項1～5いずれか記載の変調装置。

【請求項7】復調の際、複数ポイントについて離散フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式の復調装置に、複数ポイントについて離散逆フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式で伝送すべき信号に周期的に参照信号を挿入して変調された信号を受信し、該参照信号を検出する参照信号検出装置、該検出した参照信号を用いて、位相誤差および振幅誤差を算出する装置、該位相誤差および振幅誤差を参照して受信した伝送信号を補正する装置を設けたことを特徴とする直交周波数分割多重方式による復調装置。

【請求項8】前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、および、該距離演算装置で算出した距離の積算値から参照信号かどうかを判別する参照信号判定装置を有することを特徴とする、請求項7記載の復調装置。

【請求項9】前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、該距離演算装置で算出したその距離を格納するバッファ

メモリ、

該バッファメモリ内のデータの最小値を見つけ、そのバッファメモリのアドレスを出力する比較器、および、前記バッファメモリのアドレスに対応したデータ信号区間に参照信号であることを示す信号を出力する参照信号位置デコーダを有することを特徴とする、請求項7記載の復調装置。

【請求項10】前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、および、該距離演算装置におけるその積算値から参照信号かどうかを判別する参照信号判定装置、参照信号判定装置の出力時点のシンボルのインデックスに変換する参照信号位置エンコーダ、該参照信号位置エンコーダの出力を格納するバッファメモリ、該バッファメモリの格納されているデータと参照信号位置エンコーダの出力データとを比較する比較器、該比較器の比較結果によって状態を遷移し、その状態によってバッファメモリの書き込み/読み出しを制御する状態遷移レジスタ、および、前記バッファメモリの格納データを読み出し、そのデータに対応した特定データ信号に参照信号であることを示す信号を出力させる参照信号位置デコーダを有することを特徴とする、請求項7記載の復調装置。

【請求項11】前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、該距離演算装置で演算した距離を格納する第1のバッファメモリ、該第1のバッファメモリ内のデータの最小値を見つけ、そのバッファメモリのアドレスを出力する第1の比較器、該第1の比較器の出力データを格納する第2のバッファメモリ、該第2のバッファメモリの内容と前記第1の比較器の出力データを比較し、比較結果を出力する第2の比較器、該第2の比較器の比較結果によって状態を遷移し、その状態によって前記第2のバッファメモリの書き込み/読み出しを制御する状態遷移レジスタ、および、前記第2のバッファメモリの内容を読み出し、そのデータに対応した特定データ信号に参照信号であることを示す信号を出力させる参照信号位置デコーダを有することを特徴とする、請求項7記載の復調装置。

【請求項12】前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の差の二乗和を計算する、請求項7～11いずれ

か記載の復調装置。

【請求項13】前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の差の絶対値和を計算する、請求項7～11いずれか記載の復調装置。

【請求項14】前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の位相差の絶対値和を計算する、請求項7～11いずれか記載の復調装置。

【請求項15】請求項1～6いずれか記載の変調装置と、請求項7～14いずれか記載の復調装置とを有する直交周波数分割多重方式による変復調システム。

【請求項16】複数ポイントについて離散フーリエ逆変換を行う直交周波数分割多重方式の変調の際に伝送すべき信号の間に参照信号を挿入し、復調の際、前記送出された参照信号を検出する参照信号を検出し、該検出した信号を用いて受信信号の位相誤差および振幅誤差を算出し、該位相誤差および振幅誤差を用いて前記受信した伝送信号を補正する直交周波数分割多重方式による変復調方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はデジタル伝送の技術分野で用いられる直交周波数分割多重方式（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）に関するものであり、特に、OFDMを多値QAMなどの多値変調に好適に適用可能にするための参照信号の送出形態とその検出法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、デジタル信号を伝送するには単一搬送波にてその位相および／または振幅を入力デジタル信号に応じて高速に変化させることでデジタル信号を変調してきた。位相のみを変化させる方式としてPSK (Phase Shift Keying) 変調方式が知られており、位相および振幅を変化させる方式としてQAM (Quadrature Amplitude Modulation) 変調方式がよく知られている。ところが最近、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing、以下OFDMと略す) 方式と呼ばれる変調方式が提案されている。OFDMは複数の搬送波で伝送帯域を分割するため、各搬送波の帯域は狭く、変調速度も遅い。しかしながら、このような搬送波が多数存在し、並列に伝送されるため、そのスループットは上記単一搬送波を用いた伝送方式と実質的に変わらないという利点がある。

【0003】OFDMは搬送波が多数あり、逆フーリエ変換を用いてOFDMの変調、フーリエ変換を用いてO

FDMの復調を実現することが提案されていた。特に、近年のデジタル信号処理技術の発展により高速フーリエ変換 (FFT) または高速離散フーリエ変換 (DFT) を実際にハードウェア化し、そのFFTまたはDFTをOFDMに適用して多数の搬送波を一括して変調および復調することが試みられている。

【0004】図10は各搬送波が差動化QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) 変調されたOFDM変調器のブロック図である。1はシリアルデジタル入力端子を示し、2はシリアル／パラレル変換器を示し、3はマルチプレクサ (スイッチ) を示し、4はN個の差動QPSK符号化回路からなる差動QPSK符号化器を示し、5は第1の離散逆フーリエ変換デジタル信号、つまり実数部の信号、 $\{x_{k,m}\}$ を演算する第1のNポイント離散逆フーリエ変換器5aと第2の第1の離散逆フーリエ変換デジタル信号、つまり虚数部の信号、 $\{y_{k,m}\}$ を演算する第2のNポイント離散逆フーリエ変換器5bとを有するNポイント離散逆フーリエ変換器を示し、6、7はデジタル／アナログ変換器を示し、8、9はローパスフィルタを示し、10、11は乗算器 (周波数変換器) を示し、12は $\pi/2$ 移相器を示し、13は中間周波数 (IF) 帯局部発振器を示し、14は加算器を示し、15はIF帯バンドパスフィルタを示し、16は乗算器 (周波数変換器) を示し、17は無線周波数 (RF) 帯局部発振器を示し、18はRF帯バンドパスフィルタを示し、19は送信アンテナを示す。

【0005】差動化QPSK-OFDM変調器の動作を説明する。デジタル入力端子1に基底帯域 (ベースバンド) のシリアルデジタル信号をシリアル／パラレル変換器2に入力する。このシリアル・デジタル信号としては、たとえば、差動化QPSK-OFDM変調器を用いて画像伝送を行うことは想定した場合、MPEG (Moving Picture Experts Group) などに画像処理を行う情報源符号化装置の出力が相当する。シリアル／パラレル変換器2はシリアルデジタル信号を2ビットのパラレルデータに変換し出力する。マルチプレクサ3は2ビットのパラレルデータをN個の差動符号化回路からなる差動化QPSK符号化器4に順次供給する。差動QPSK符号化器4は前後の2ビットのデータの差分に対応した信号点 $\{Z_{k,1} (\equiv X_{k,1} + jY_{k,1})\}$ を生成し、信号点 $\{Z_{k,1}\}$ をNポイント離散逆フーリエ変換器5に供給する。表1に差動QPSK符号化器4の差分入力に対する出力の例を示す。

【0006】

【表1】

差分 入力	前状態 → 次状態				
	00	$1+j \rightarrow 1+j$	$-1+j \rightarrow -1+j$	$1-j \rightarrow 1-j$	$-1-j \rightarrow -1-j$
	01	$1+j \rightarrow -1+j$	$-1+j \rightarrow -1-j$	$1-j \rightarrow 1-j$	$-1-j \rightarrow 1+j$
	10	$1+j \rightarrow -1-j$	$-1+j \rightarrow 1-j$	$1-j \rightarrow 1+j$	$-1-j \rightarrow -1+j$
	11	$1+j \rightarrow -1-j$	$-1+j \rightarrow 1-j$	$1-j \rightarrow -1+j$	$-1-j \rightarrow 1+j$

差動化 QPSK 符号化器の変換テーブル

【0007】ここで、添字の k は OFDM シンボルのシーケンス数であり、1 (エル) は差動 QPSK 符号化器 4 内の個々の差動化 QPSK 符号化回路の番号 (インデックス) を示す。1 は 0 ~ (N-1) のまでの値をとる。N ポイント離散逆フーリエ変換器 5 は差動化 QPSK 符号化器 4 内の N 個の差動化 QPSK 符号化回路から出力される N 個の信号点 $\{Z_{k,0}, Z_{k,1}, Z_{k,2}, \dots, Z_{k,N-1}\}$ を N ポイントの離散逆フーリエ変換し、N 個の複素数データ $\{z_{k,0}, z_{k,1}, z_{k,2}, \dots, z_{k,N-1}\}$ を順次出力する。ただし、 $\{Z_{k,1}\}$ の離散逆フーリエ変換を $\{z_{k,m}\}$ ($\equiv \{x_{k,m} + jy_{k,m}\}$) とする。デジタル/アナログ変換器 6 は第 1 の N ポイント離散逆フーリエ変換器 5 a の出力のデジタル信号 $\{x_{k,m}\}$ をアナログ信号に変換し、ローパスフィルタ 8 に供給する。デジタル/アナログ変換器 7 は第 2 の N ポイント離散逆フーリエ変換器 5 b の出力のデジタル信号 $\{y_{k,m}\}$ をアナログ信号に変換し、ローパスフィルタ 9 に供給する。

【0008】ローパスフィルタ 8, 9 はデジタル/アナログ変換器 6, 7 の出力のアナログ信号の不要な高調波成分を除去し、乗算器 10, 11 へ供給する。乗算器 10 はローパスフィルタ 8 の出力信号と IF 帯局部発振器 13 の出力信号との乗算を行う、つまり、周波数変換を行う。この周波数変換によりベースバンドの周波数帯域から中間周波帯域の信号に周波数変換する。乗算器 11 はローパスフィルタ 9 の出力信号と IF 帯局部発振器 13 の出力信号を $\pi/2$ 移相器 12 で $\pi/2$ (rad) だけ位相を遅らせた信号との乗算を行う、つまり、周波数変換を行う。 $\pi/2$ 移相器 12 は入力信号の位相を $\pi/2$ (rad) だけ遅らせる装置である。この乗算器 11 による周波数変換によっても、ベースバンドの周波数帯域から中間周波帯域の信号に周波数変換が行われるが、乗算器 10 で周波数変換した信号と乗算器 11 で周波数変換した信号とは $\pi/2$ (rad) だけ位相がずれている、つまり、直交している。加算器 14 は乗算器 10 の出力と乗算器 11 の出力とを加算し、IF 帯バンドパスフィルタ 15 に供給する。IF 帯バンドパスフィルタ 15 は加算器 14 の出力信号の所定の IF 帯信号のみを通過させ、乗算器 16 に供給する。乗算器 16 は IF 帯バンドパスフィルタ 15 の出力信号と RF 帯局部発振器 17 との乗算を行い、つまり、RF 帯域の周波数信号に変換し、RF 帯バンドパスフィルタ 18 に供給する。

RF 帯バンドパスフィルタ 18 は乗算器 16 の出力信号の所定の RF 帯信号のみを通過させ、アンテナ 19 に供給する。アンテナ 19 から、受信側 (復調器) に上述のごとく OFDM 変調された信号が送信される。

【0009】図 11 は上記 OFDM 変調された信号を受信して復調する差動化 QPSK-OFDM 復調器の構成例を示すブロック図である。30 は受信アンテナを示し、31 は RF 帯バンドパスフィルタを示し、32 は乗算器 (周波数変換器) を示し、33 は RF 帯局部発振器を示し、34 は IF 帯バンドパスフィルタを示し、35, 36 は乗算器 (周波数変換器) を示し、37 は $\pi/2$ 移相器を示し、38 は IF 帯局部発振器を示し、39, 40 はローパスフィルタを示し、41, 42 はアナログ/デジタル変換器を示し、43 は N-ポイント離散フーリエ変換器を示し、44 は差動 QPSK 復調器を示し、45 はデマルチプレクサを示し、46 はパラレル/シリアル変換器を示し、47 はデジタル復調出力を示す。

【0010】図 11 に示した差動化 QPSK-OFDM 復調器の動作について説明する。基本的に、差動化 QPSK-OFDM 復調器は図 10 に図解した差動化 QPSK-OFDM 変調器の逆の動作を行う。受信アンテナ 30 で、図 10 の差動化 QPSK-OFDM 変調器から送出された OFDM 変調信号を受信し、RF 帯バンドパスフィルタ 31 へ供給する。RF 帯バンドパスフィルタ 31 は所定の RF 信号のみを通過させ、乗算器 32 へ供給する。乗算器 32 は RF 帯バンドパスフィルタ 31 の出力信号と RF 帯局部発振器 33 の出力との乗算を行い、受信信号を IF 帯域の信号に変換して、IF 帯バンドパスフィルタ 34 に供給する。IF 帯バンドパスフィルタ 34 は所定の IF 帯信号を通過させ、乗算器 35, 36 に供給する。乗算器 35 は IF 帯バンドパスフィルタ 34 の出力信号と IF 帯局部発振器 38 の出力との乗算を行い、ベースバンドの周波数信号に変換して、ローパスフィルタ 39 へ供給する。乗算器 36 は IF 帯バンドパスフィルタ 34 の出力信号と IF 帯局部発振器 38 の出力を $\pi/2$ 移相器 37 で $\pi/2$ (rad) だけ位相を遅らせた信号との乗算を行い、乗算器 35 の周波数変換出力と $\pi/2$ (rad) ずれたベースバンド信号に変換して、ローパスフィルタ 40 へ供給する。 $\pi/2$ 移相器 37 は入力信号の位相を $\pi/2$ (rad) だけ遅らせる装置である。ローパスフィルタ 39, 40 は乗算器 35,

36の出力信号の不要な高調波成分を除去し、ベースバンドの信号のみを通過させアナログ／デジタル変換器41、42へ供給する。

【0011】アナログ／デジタル変換器41はローパスフィルタ39の出力のアナログ信号をデジタル信号、つまり実数データ $\{\sim x_{k,m}\}$ （電子出願の制約上、 $x_{k,m}$ の上の \sim を $\sim x_{k,m}$ と表す、以下、同様）に変換し、Nポイント離散フーリエ変換器43の実部入力部43aへ供給する。アナログ／デジタル変換器42はローパスフィルタ40の出力のアナログ信号をデジタル信号、つまり虚数データ $\{\sim y_{k,m}\}$ に変換し、Nポイント離散フーリエ変換器43の虚部入力部43bへ供給する。Nポイント離散フーリエ変換器43は、実部入力部43aと虚部入力部43bの入力を持ち、 $\{\sim x_{k,m} + j(\sim y_{k,m})\}$ のNポイントの離散フーリエ変換を行い、 $\{\sim z_{k,m}\}$ の離散フーリエ変換を $\{\sim Z_{k,1}\}$ とするN個の複素数 $\{\sim Z_{k,0}, \sim Z_{k,1}, \sim Z_{k,2}, \dots, \sim Z_{k,N-1}\}$ を差動化QPSK復号化器44に供給する。差動化QPSK復号化器44内にあるN個の差動化QPSK復号化回路は、前後の入力信号の $\{\sim Z_{k-1,1}\}$ と $\{\sim Z_{k,1}\}$ の相対的な位相差 $(0, \pm\pi/2, \pi)$ を検出し、表2にしたがって復号を行う回路である。表2は差動化QPSK復号器の入力位相による復号符号の変換テーブルを示す。

【0012】

【表2】

位相差 (radian)		復号符号 (Binary)
0	→	00
$\pi/2$	→	01
$-\pi/2$	→	10
π	→	11

差動化QPSK復号器の変換テーブル

$$\Delta\theta_n = \Delta\Phi + \pi\omega_0(\Delta\tau_{\text{clock}} + \tau_{\text{window}}) \quad (1)$$

【0016】差動符号化QPSK-OFDMでは各搬送波ごとにシンボルの前後の相対的な位相の変化 $(0, \pm\pi/2, \pi)$ でデータを復調するため、絶対位相を再生する必要がなく、位相誤差 $\Delta\theta_n$ が時間とともに積算されることもなく、データを復調する際に位相誤差 $\Delta\theta_n$ の影響をあまり受けない。これは、差動符号化したことによる便利な点である。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】ところが、この差動符号化という手法は、上述したPSK変調方式には適用しやすいが、QAM変調方式には適用しにくい面がある。その結果、QAM変調方式に適用した場合、下記に挙げ

【0013】ここで、差動化QPSK-OFDM復調器側で正しく送信データを受信し復調するには次の3つの同期再生動作が必要である。

1. 搬送波再生
2. クロック再生
3. ウィンドウ再生

搬送波再生とは、受信側（復調器）のRF帯局部発振器33およびIF帯局部発振器38の位相を送信側（変調器）のそれと同期させなければならないことである。クロック再生とは、送信側（変調器）のクロックに同期したクロックを受信側（復調器）で再生すること（アナログ／デジタル変換器41、42のサンプリングするクロックを再生すること）である。ウィンドウ再生とは、Nポイント離散フーリエ変換器43においてOFDMの伝送信号のシンボル区間とFFTウィンドウ区間を同期させることである。

【0014】ここで搬送波再生の位相誤差を $\Delta\Phi$ 、クロックのずれを $\Delta\tau_{\text{clock}}$ 、FFTウィンドウのずれを $\Delta\tau_{\text{window}}$ 、OFDM搬送波のインデックスを n 、および、OFDM搬送波の角周波数を $n\omega_0$ とすると、送信信号点と受信信号点の単位時間あたりの位相誤差 $\Delta\theta_n$ は次式1で表せる。

【0015】

【数1】

る問題が発生する。

1. 伝送路特性によって受信データに振幅・位相誤差が生じる。
2. 搬送波再生およびFFT窓同期の位相誤差によってOFDM各搬送波の位相に位相誤差が生じる。
3. その位相誤差は一樣ではなく、各搬送波ごとに異なっている。
4. その位相誤差によって、正しく送信データを受信できないことがある。

【0018】したがって、本発明は上述した問題を解決することにある。本発明の目的は、QAM変調方式に有効に適用可能なOFDM変調方法とその装置を提供する

ことにある。また本発明の目的は、QAM変調方式に有効に適用可能なOFDM復調方法およびその装置を提供することにある。さらに本発明の目的は、上記変調装置と上記復調装置を有するOFDMシステムを提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明の直交周波数分割多重方式による変復調システムにおいては、変調装置に周期的に特定の参照信号を送出する手段と、復調装置にその参照信号を検出し、位相誤差および振幅誤差を演算し、その演算結果から正規の伝送信号を位相補正および振幅補正を行う手段を設ける。

【0020】

【作用】OFDM変調器で参照信号を送出し、OFDM復調器でその参照信号を検出する装置を設けることで参照信号の振幅・位相の誤差量を計算し、この誤差量を用いてデータの振幅・位相誤差を補正し、正しくデータを受信する。

【0021】本発明によれば、変調の際、複数ポイントについて離散逆フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式の変調装置に、伝送すべき正規のデータの間に周期的に参照信号を挿入する参照信号送出装置を設け、前記伝送すべき信号に前記参照信号を挿入して変調し、送出すること特徴とする直交周波数分割多重方式の変調装置が提供される。好適には、前記参照信号発生装置を有する変調装置は前記正規のデータを伝送するシンボルと前記参照信号を伝送するシンボルとに分離し、1つのシンボルに前記データと前記参照信号を混在させないことを特徴とする。また好適には、前記参照信号発生装置は前記参照信号として、疑似ランダム系列のデータに対応した信号点データを送出することを特徴とする。さらに好適には、前記参照信号発生装置の参照信号データは数値およびデータの系列が時不変であることを特徴とする。好適には、前記参照信号発生装置は、実部と虚部の2つの参照信号発生用ROMを有し、前記参照信号をテーブルの形式で保存しておくことを特徴とする。また特定のには、前記変調装置は変調として多値QAM変調を行う。

【0022】また本発明によれば、復調の際、複数ポイントについて離散フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式の復調装置に、複数ポイントについて離散逆フーリエ変換を行う直交周波数分割多重方式で伝送すべき信号に周期的に参照信号を挿入して変調された信号を受信し、該参照信号を検出する参照信号検出装置、該検出した参照信号を用いて、位相誤差および振幅誤差を算出する装置、該位相誤差および振幅誤差を参照して受信した伝送信号を補正する装置を設けたことを特徴とする直交周波数分割多重方式による復調装置が提供される。

【0023】前記参照信号検出装置としては種々の態様が考えられる。

(1) 第1の態様

前記参照信号検出装置は、複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、および、該距離演算装置で算出した距離の積算値から参照信号かどうかを判別する参照信号判定装置を有する。

(2) 第2の態様

前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、該距離演算装置で算出したその距離を格納するバッファメモリ、該バッファメモリ内のデータの最小値を見つけ、そのバッファメモリのアドレスを出力する比較器、および、前記バッファメモリのアドレスに対応したデータ信号区間に参照信号であることを示す信号を出力する参照信号位置デコーダを有する。

(3) 第3の態様

前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、該距離演算装置におけるその積算値から参照信号かどうかを判別する参照信号判定装置、参照信号判定装置の出力時点のシンボルのインデックスに変換する参照信号位置エンコーダ、該参照信号位置エンコーダの出力を格納するバッファメモリ、該バッファメモリの格納されているデータと参照信号位置エンコーダの出力データとを比較する比較器、該比較器の比較結果によって状態を遷移し、その状態によってバッファメモリの書き込み／読み出しを制御する状態遷移レジスタ、および、前記バッファメモリの格納データを読み出し、そのデータに対応した特定データ信号に参照信号であることを示す信号を出力させる参照信号位置デコーダを有する。

(4) 第4の態様

前記参照信号検出装置は、前記複数ポイント離散フーリエ変換結果データを前記参照信号の挿入タイミングに応じて遅延させる遅延装置、該遅延された2つのデータの距離を積算演算する距離演算装置、該距離演算装置で演算した距離を格納する第1のバッファメモリ、該第1のバッファメモリ内のデータの最小値を見つけ、そのバッファメモリのアドレスを出力する第1の比較器、該第1の比較器の出力データを格納する第2のバッファメモリ、該第2のバッファメモリの内容と前記第1の比較器の出力データを比較し比較結果を出力する第2の比較器、該第2の比較器の比較結果によって状態を遷移し、その状態によって前記第2のバッファメモリの書き込み／読み出しを制御する状態遷移レジスタ、および、前記第2のバッファメモリの内容を読み出し、そのデータに

対応した特定データ信号に参照信号であることを示す信号を出力させる参照信号位置デコーダを有する。

【0024】また前記距離演算装置としても種々の態様が考えられる。

(1) 第1の態様

前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の差の二乗和を計算する。

(2) 第2の態様

前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の差の絶対値和を計算する。

(3) 第3の態様

前記距離演算装置は、前記2つの遅延された値の位相差の絶対値和を計算する。

【0025】本発明によればさらに、上記変調装置と、上記復調装置とを有する直交周波数分割多重方式による変復調システムが提供される。

【0026】本発明によれば、複数ポイントについて離散フーリエ逆変換を行う直交周波数分割多重方式の変調の際に伝送すべき信号の間に参照信号を挿入し、復調の際、前記送出された参照信号を検出する参照信号を検出し、該検出した信号を用いて受信信号の位相誤差および振幅誤差を算出し、該位相誤差および振幅誤差を用いて前記受信した伝送信号を補正する直交周波数分割多重方式による変復調方法が提供される。

【0027】

【実施例】本発明の直交周波数分割多重方式による変復調システムは、OFDM変調器とOFDM復調器とを有する。図1は本発明の実施例としての16QAM-OFDM変調器の構成図である。図4は本発明の実施例としての16QAM-OFDM復調器の構成図である。

【0028】まず、図1に示した16QAM-OFDM変調器について述べる。16QAM-OFDM変調器は、デジタル入力端子50、シリアル/パラレル変換器51、マルチプレクサ(スイッチ)52、N個の16QAM変調回路を有する16QAM符号化器53、参照

信号発生器54、マルチプレクサ(スイッチ)55、離散逆高速フーリエ変換(IFFT)回路を有するNポイント離散逆フーリエ変換器56、デジタル/アナログ変換器57、58を有する。なお、デジタル/アナログ変換器57、58以降の回路構成は、図10に図解した回路構成と実質的に同じであるから、図解の簡略化のため、図1においては省略している。図10に図解した差動化QPSK-OFDM変調器と図1に図解した16QAM-OFDM変調器とを比較すると、図1に示した16QAM-OFDM変調器に参照信号発生器54が付加されていことに留意されたい。また、図10の差動化QPSK-OFDM変調器における差動化QPSK符号化器4に対して、図1の16QAM-OFDM変調器においては多値QAM符号化器として16QAM符号化器53を設けている。

【0029】図1に示したOFDM変調器の動作について説明する。デジタル入力信端子50にデジタル信号を入力し、シリアル/デジタル変換器51へ供給する。このシリアル・デジタル信号としては、たとえば、上述したように、OFDM変調器を用いて画像伝送を行うことは想定した場合、MPEGなどに画像処理を行う情報源符号化装置の出力が相当する。シリアル/デジタル変換器51は1ビットずつのシリアルデータを4ビットのパラレルデータに変換し、マルチプレクサ52へ供給する。マルチプレクサ52はシリアル/パラレル変換器51の出力の4ビットのデータを順次、16QAM符号化器53内にあるN個の16QAM符号化回路に供給する。N個の16QAM符号化回路はそれぞれ4ビットのデジタル信号、0000~1111を図2に示す複素平面の座標に割り当て、符号化信号 $\{Z_{k,1} (\equiv X_{k,1} + j Y_{k,1})\}$ を出力する。この座標点の実数部値 $X_{k,1}$ と虚数部値 $Y_{k,1}$ を表3に示す。

【0030】

【表3】

デジタル入力	実部出力	虚部出力
0000	$\Re[3\sqrt{2}A^2e^{-j3\pi/4}]$	$\Im[3\sqrt{2}A^2e^{-j3\pi/4}]$
0001	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{-j5\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{-j5\pi/8}]$
0010	$\Re[3\sqrt{2}A^2e^{-j\pi/4}]$	$\Im[3\sqrt{2}A^2e^{-j\pi/4}]$
0011	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{-j3\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{-j3\pi/8}]$
0100	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{-j7\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{-j7\pi/8}]$
0101	$\Re[\sqrt{2}A^2e^{-j3\pi/4}]$	$\Im[\sqrt{2}A^2e^{-j3\pi/4}]$
0110	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{-j\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{-j\pi/8}]$
0111	$\Re[\sqrt{2}A^2e^{-j\pi/4}]$	$\Im[\sqrt{2}A^2e^{-j\pi/4}]$
1000	$\Re[3\sqrt{2}A^2e^{+j3\pi/4}]$	$\Im[3\sqrt{2}A^2e^{+j3\pi/4}]$
1001	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{+j5\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{+j5\pi/8}]$
1010	$\Re[3\sqrt{2}A^2e^{+j\pi/4}]$	$\Im[3\sqrt{2}A^2e^{+j\pi/4}]$
1011	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{+j3\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{+j3\pi/8}]$
1100	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{+j7\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{+j7\pi/8}]$
1101	$\Re[\sqrt{2}A^2e^{+j3\pi/4}]$	$\Im[\sqrt{2}A^2e^{+j3\pi/4}]$
1110	$\Re[\sqrt{10}A^2e^{+j\pi/8}]$	$\Im[\sqrt{10}A^2e^{+j\pi/8}]$
1111	$\Re[\sqrt{2}A^2e^{+j\pi/4}]$	$\Im[\sqrt{2}A^2e^{+j\pi/4}]$

16QAM 符号化器の変換テーブル

$\Re[Z]$: Zの実部 $\Im[Z]$: Zの虚部 A:定数

【0031】参照信号発生器54はNポイント離散逆フーリエ変換器55にNポイントの参照信号 $\{P_0, P_1, P_2, \dots, P_{N-1}\}$ を供給する。参照信号発生器54で発生させる参照信号 $\{P_1\}$ について説明する。参照信号 $\{P_1\}$ は疑似ランダム系列の一部を複素平面上に割り当てたものである。ここで参照信号 $\{P_1\}$ の実施例として、疑似ランダム系列: $x^{20} + x^3 + 1$ の一部を、図3に示すように、QPSKの座標点を割り当てたものと

すると、表4のようになる。表4は4ビット入力に対する複素平面上の16QAMの変換テーブルの値を示す。これらの値を参照信号発生器54内のROMに記憶させておく。つまり、参照信号発生装置54は、実部と虚部の2つの参照信号発生用ROMを有し、前記参照信号をテーブルの形式で保存しておく。

【0032】

【表4】

l	0	1	2	...	$N-1$
疑似ランダム系列 $x^{20} + x^3 + 1$	00	10	10	...	11
参照信号 $\{R_l\}$	$1+j$	$1-j$	$1-j$...	$-1-j$

参照信号データの实施例

【0033】マルチプレクサ55は16QAM符号化器53からの符号化信号 $\{Z_{k,1}\}$ と参照信号発生器54からの参照(パイロット)信号 $\{P_1\}$ とをM回に一度、周期的に切り替える。たとえば、 $M=4$ ならば、下記のように、参照(パイロット)信号 $\{P_1\}$ を周期的に(定期的に)Nポイント離散逆フーリエ変換器56に

供給する。

【0034】 $\dots, \{Z_{-1,1}\}, \{P_1\}, \{Z_{1,1}\}, \{Z_{2,1}\}, \{Z_{3,1}\}, \{P_1\}, \{Z_{5,1}\}, \{Z_{6,1}\}, \{Z_{7,1}\}, \{P_1\}, \{Z_{9,1}\}, \dots$

【0035】好適には、このように、OFDM変調装置

は前記正規のデータを伝送するシンボルと前記参照信号を伝送するシンボルとに分離し、1つのシンボルに前記データと前記参照信号を混在させない。また好適には、前記参照信号発生器54は参照信号として、疑似ランダム系列のデータに対応した信号点データを送出する。この参照信号データは数値およびデータの系列が時不変である。

【0036】Nポイント離散逆フーリエ変換器56は、内蔵するIDFT回路を用いて、Nポイントの複素データ $\{Z_{k,1}\}$ または参照信号 $\{P_1\}$ をNポイントの離散逆フーリエ変換を行う。正規の伝送すべき信号 $\{Z_{k,1} (\equiv X_{k,1} + j Y_{k,1})\}$ の離散逆フーリエ変換を $\{z_{k,m} (x_{k,m} + j y_{k,m})\}$ とし、参照信号 $\{P_1 (\equiv Q_1 + j R_1)\}$ の離散逆フーリエ変換を $\{r_m (\equiv q_m + j r_m)\}$ とする。Nポイント離散逆フーリエ変換器56は演算結果を実部と虚部に分けて出力し、符号化データの実部 $\{x_{k,m}\}$ または参照信号の実部 $\{q_m\}$ をディジタル／アナログ変換器57に供給し、符号化データの虚部 $\{y_{k,m}\}$ または参照信号の虚部 $\{r_m\}$ をディジタル／アナログ変換器58に供給する。ディジタル／アナログ変換器57、58はそれぞれNポイント離散逆フーリエ変換器56から出力されたディジタル信号をアナログ信号に変換する装置である。なお、ディジタル／アナログ変換器57、58以降の動作は図10を参照して述べた動作と実質的に同じである。以上の結果、OFDM変調器のアンテナ（図示せず）からは、本来の送信信号に加えて、周期的（定期的）に挿入された参照信号が送出され、後述するOFDM復調器で受信されて、復調される。

【0037】図4は本発明の実施例としてのOFDM復調器の構成図である。OFDM復調器は基本的に図1に示したOFDM変調器と逆の回路構成になっている。OFDM復調器は、アナログ／ディジタル変換器60、61、離散高速フーリエ変換（DFT）回路を有するNポイント離散フーリエ変換器62、補正器63、補正量演算器64、参照信号検出器65、16QAM復号器66、パラレル／シリアル変換器67、ディジタル出力端子68を有する。図4のOFDM復調器は、図11に示した復調器に対応しており、図4に図解しないアナログ／ディジタル変換器60、61の前の回路構成、つまり、図11に示した、受信アンテナ30、RF帯バンドパスフィルタ31、乗算器（周波数変換器）32、RF帯局部発振器33、IF帯バンドパスフィルタ34、乗算器（周波数変換器）35、36、 $\pi/2$ 移相器37、IF帯局部発振器38、ローパスフィルタ39、40は図11の回路構成と同じである。

【0038】アナログ／ディジタル変換器60、61は、アンテナ（図11のアンテナ30に相当する）で受信され、第1のバンドパスフィルタ（図11のバンドパスフィルタ31に相当する）～ローパスフィルタ（図1

1のローパスフィルタ39、40に相当する）で信号処理された入力アナログ信号をディジタル信号に変換してNポイント離散フーリエ変換器62に印加する。より具体的には、アナログ／ディジタル変換器60は入力アナログ信号をディジタル信号 $\{\sim x_{k,m}\}$ に変換してNポイント離散フーリエ変換器62の実部入力部62aへ供給する。アナログ／ディジタル変換器61は入力アナログ信号をディジタル信号 $\{\sim y_{k,m}\}$ に変換して、その出力をNポイント離散フーリエ変換器62の虚部入力部62bに供給する。Nポイント離散フーリエ変換器62は実部入力部62aと虚部入力部62bとの2系統の信号処理部を持つ。Nポイント離散フーリエ変換器62は離散フーリエ変換、好適には、離散高速フーリエ変換（DFT）を行う装置であり、実部入力部からN個、虚部入力部からN個のデータ $\{\sim z_{k,0}, \sim z_{k,1}, \sim z_{k,2}, \dots, \sim z_{k,N-1}\}$ （ $\sim z_{k,m} \equiv \sim x_{k,m} + j (\sim y_{k,m})$ ）を用いて演算を行い、 $\{\sim Z_{k,1}\}$ を得る。なお、 $(\sim \{z_{k,m}\})$ の離散フーリエ変換（離散高速フーリエ変換）結果を $\{\sim Z_{k,1}\}$ とする。

【0039】参照信号検出器65は離散高速フーリエ変換結果 $\{\sim Z_{k,1}\}$ が、図1のOFDM変調器から送出された参照信号 $\{P_1\}$ であるか否かを判断する。参照信号検出器65の詳細については後述する。位相補正量演算器64は図1に示したOFDM変調器側であらかじめ規定されており、参照信号検出器65で検出した参照信号 $\{P_1\}$ を用いて、受信信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ と規定の参照信号 $\{P_1\}$ を比較して振幅誤差および位相誤差を計算し、その結果を補正器63へ供給する。受信信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ か参照信号 $\{P_1\}$ かどうかは、参照信号検出器65の出力信号によって得られる。補正器63は振幅・位相補正量演算器64の演算結果、つまり、振幅誤差および位相誤差を用いて、Nポイント離散フーリエ変換器62出力 $\{\sim Z_{k,1}\}$ の振幅および位相を補正し、16QAM復号器66へ供給する。

【0040】16QAM復号器66は補正器63の出力信号 $\{Z_{k,1} (\equiv X_{k,1} + j Y_{k,1})\}$ が図2の座標点のどの点に一番近いかに判断し一番近い点を選択し4ビットのデータを出力し、パラレル／シリアル変換器67に供給する。パラレル／シリアル変換器67は16QAM復号器66の出力のパラレルの4ビットのデータをシリアルデータに変換する装置で、その出力をディジタル出力端子68に供給する。

【0041】以上述べたように、OFDM復調器は、参照信号を検出し、基準となる参照信号を用いて位相誤差および振幅誤差を算出し、これら位相誤差および振幅誤差を用いて正規のデータ信号を補正するので、多値QAMを適用した場合でも、正確な受信データを復調することができる。

【0042】参照信号検出器65は種々の形態をとることができる。以下、参照信号検出器65の構成を例示す

る。参照信号検出器65の第1の実施例を図5に示す。70は入力端子、71はM遅延装置、72は距離演算装置、73は参照信号判定装置、74は判定レベル入力信号（しきい値レベル信号）、75は出力端子を示す。入力端子70には離散フーリエ変換器62の出力信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ が入力され、M遅延装置71と距離演算装置72に供給される。M遅延装置71は、距離演算装置72で信号 $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離計算をするために $\{\sim Z_{k,1}\}$

$$\sum_{l=0}^{N-1} \left| \widetilde{Z_{k-M,l}} - \widetilde{Z_{k,l}} \right|^2 \quad (2)$$

【0045】距離演算装置の第2の実施例は式3の実施例は式3の絶対値和を計算する。

$$\sum_{l=0}^{N-1} \left| \widetilde{Z_{k-M,l}} - \widetilde{Z_{k,l}} \right| \quad (3)$$

【0047】距離演算装置の第3の実施例は式4の位相差の和を計算する。

$$\sum_{l=0}^{N-1} \left| \arg \left[\widetilde{Z_{k-M,l}} \right] - \arg \left[\widetilde{Z_{k,l}} \right] \right| \quad (4)$$

【0049】距離演算装置72は、以上に例示したいずれかの方法によって算出された距離演算結果 Q_k を参照信号判定装置73に供給する。なお、距離演算装置72の演算結果 Q_k を $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離と定義する。

【0050】参照信号判定装置73は、距離演算結果 Q_k と判定レベル入力74の判定レベルとを比較し、距離演算結果 Q_k が判定レベルレベル入力74以下であれば参照信号であることを示す判定信号を出力端子75に供給する。

【0051】参照信号検出器の第2の実施例を図6に示す。80は入力端子、81はM遅延装置、82は距離演算装置、83はマルチプレクサ、84はM個のバッファメモリBM#0～BM#M-1を有するメモリ装置、85は比較器、86は参照信号位置デコーダ、87は出力端子である。M遅延装置81および距離演算装置82の動作は、図5を参照して述べたM遅延装置71および距離演算装置72の動作と同じである。距離演算器82以降の構成について述べる。距離演算器82の演算出力 Q_k をマルチプレクサ83に供給する。なお、上記同様、演算結果 Q_k を $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離と定義する。マルチプレクサ83にて、バッファメモリ装置84のどのバッファメモリに書き込むかを選択する。マルチプレクサ83は下記のように、バッファメモリを再帰的に切り替える。

【0052】BM#0-BM#1-BM#2-BM#3-...-BM#M-2-BM#M-1-BM#0-BM#1-BM#2-BM#3-...-BM#M-2-BM#M-1-BM#0-BM#1-...

【0053】バッファメモリ装置84は距離演算器82の出力データ Q_i を記憶する装置である。たとえば、バッファ

をMだけ遅延させる装置である。

【0043】距離演算装置72は信号 $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離計算をする装置である。距離演算装置72における距離演算方法の例を下記に挙げる。距離演算装置の第1の実施例は式2の距離の自乗和を計算する。

【0044】

【数2】

【0046】

【数3】

【0048】

【数4】

メモリBM#nには距離演算結果 Q_i （ただしiは $i \equiv n \bmod (M-1)$ を満足する整数である）が書き込まれる。比較器85はバッファメモリ装置84から読みだされたデータについて、M個のバッファメモリBMに格納されてあるデータの中で最も小さいデータが格納してあるバッファメモリBMの番号、または、バッファメモリ装置84が1つのメモリで構成されているときはそのアドレス番号を参照信号位置デコーダ86に供給する。参照信号位置デコーダ86は、比較器85出力のバッファメモリの番号またはバッファメモリ装置84のアドレス番号に応じたデータ信号区間に参照信号であることを示す信号を出力する。たとえばバッファメモリBM#nに格納しているデータが最小であれば、 $\{\sim Z_{i,1}\}$ （ただしiは $i \equiv n \bmod (M-1)$ を満足する整数である）なるデータのときに参照信号であることを示すデコード信号を出力端子87に供給する。

【0054】参照信号検出器の第3の実施例を図7に示す。90は入力端子、91はM遅延装置、92は距離演算装置、93は参照信号判定器、94は参照信号位置エンコーダ、95は比較器、96はバッファメモリ、97は参照信号位置デコーダ、98は状態遷移レジスタ、99は出力端子である。入力端子90には離散フーリエ変換器62の出力信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ が入力され、M遅延装置91と距離演算装置92に供給される。M遅延装置91および距離演算装置92の動作は、図5を参照して述べたM遅延装置71および距離演算装置72の動作と同じである。M遅延装置91で信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ をMだけ遅延させ、距離演算装置92で $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離計算を行い、その距離演算結果 Q_k を参照信号判定装置93に供給する。参照信

号判定装置93は距離演算装置92の出力データ Q_i と判定レベル入力93aの判定レベルとを比較し、データ Q_i が判定レベル93a以下であれば参照信号であるという信号を出力し、判定レベル以上であれば参照信号ではないという信号を出力し、参照信号位置エンコーダ94に供給する。参照信号位置エンコーダ94は参照信号判定装置93の出力データを参照信号の位置データに変換し、比較器95とバッファメモリ96に供給する装置である。これは、データ Q_i が参照信号判定装置93によって参照信号だと判定されれば、 Q_i のサフィックス i を $M-1$ で割った剰余を出力するものである。比較器95は参照信号位置エンコーダ94の出力データとバッファメモリ96に格納されているデータを読み出して比較し、「等しい」あるいは「等しくない」というデータを状態遷移レジスタ98に供給する。バッファメモリ96は参照信号位置エンコーダ94の出力データを格納している装置である。バッファメモリ96は状態遷移レジスタ98の制御信号によって書き込まれ、格納されているデータは読み出されて比較器95や参照信号位置デコーダ97に供給される。状態遷移レジスタ98は比較器95の出力データによって、図8のように状態を遷移させるレジスタであり、H状態でバッファメモリ96に書き込みの制御信号を伝達し、 S_{ij} 状態でバッファメモリ96に読み出しの制御信号を伝達する装置である。参照信号位置デコーダ97はバッファメモリ96からデータ n を読み出し、 $\{\sim Z_{k,1}\}$ （ただし k は $k \equiv n \bmod (M-1)$ を満足する整数である）なるデータのときに参照信号であるという信号を出力99に供給する装置である。

【0055】参照信号検出器の第4の実施例を図9に示す。100は入力端子、101は M 遅延装置、102は距離演算装置、103はマルチプレクサ、104は複数の独立したバッファメモリ $BM\#0 \sim BM\#M-1$ からなるバッファメモリ装置または1台のバッファメモリで複数のバッファメモリ回路のように動作させる第1のバッファメモリ装置、105は第1の比較器、106は第2の比較器、107は第2のバッファメモリ装置、108は参照信号位置デコーダ、109は状態遷移レジスタ、110は出力端子である。入力端子100には離散フーリエ変換器2の出力 $\{\sim Z_{k,1}\}$ が入力され、 M 遅延装置101と距離演算装置102に供給される。 M 遅延装置101および距離演算装置102の動作は、図5を参照して述べた M 遅延装置71および距離演算装置72の動作と同じである。 M 遅延装置101で信号 $\{\sim Z_{k,1}\}$ を M だけ遅延させ、距離演算装置102で $\{\sim Z_{k-M,1}\}$ と $\{\sim Z_{k,1}\}$ の距離計算を行い、その距離演算結果 Q_K をマルチプレクサ103に供給する。マルチプレクサ103、バッファメモリ装置104および第1の比較器105は、図6を参照して述べたマルチプレクサ83、バッファメモリ装置84および比較器85と同様に動作する。つまり、マルチプレクサ103は図6を参照して述べたと同様、バッファメモリ装置104内のバッファ

メモリ BM を再帰的に切り替える。バッファメモリ装置104は M 個のバッファメモリからなり、距離演算装置102の出力データを記憶する。第1の比較器105はバッファメモリ104装置から M 個のデータを読み出し、最小データを格納しているバッファメモリ $BM\#n$ の番号 n または1台のバッファメモリ装置で構成している場合はそのバッファメモリのアドレス番号 n を第2の比較器106と第2のバッファメモリ装置107に供給する。第2の比較器106は第2のバッファメモリ装置107に格納されているデータを読み出し、第1の比較器105の出力データとを比較して、「等しい」あるいは「等しくない」というデータを状態遷移レジスタ109に供給する。第2のバッファメモリ装置107は第1の比較器105の出力データを格納しているメモリ装置であり、状態遷移レジスタ109からの制御信号によって第1の比較器105の出力データを書き込み、バッファメモリ装置107に格納しているデータを第2の比較器107に読み出されるかたちで供給している。状態遷移レジスタ109は、図7を参照して述べた状態遷移レジスタ98と同様、比較器106の出力データによって図8のように状態を遷移させるレジスタであり、H状態でバッファメモリ107に書き込みの制御信号を伝達し比較器105の出力データをバッファメモリ107に書き込み、 S_{ij} 状態でバッファメモリ107に読み出しの制御信号を伝達し比較器106に記憶データを供給する。参照信号位置デコーダ108は、図7を参照して述べたデコーダ97と同様、第2のバッファメモリ107からデータ n を読み出し、 $\{\sim Z_{k,1}\}$ （ただし、 k は $k \equiv n \bmod (M-1)$ を満足する整数である）なるデータのときに参照信号であることを示す信号を出力端子110に供給する。

【0056】以上、本発明の好適実施例として、16QAM-OFDM変調器および16QAM-OFDM復調器、より具体的には、16QAM符号および16QAM復号を行うOFDMについて例示したが、本発明の実施に際しては、16QAM符号および16QAM復号には限定されず、上述した本発明のOFDMに適合する種々の多値QAM変調を行う種々の変形態様をとることができる。

【0057】また、図1に示した参照信号発生器54における参照信号としては、上述した疑似ランダム系列に限定されず、本発明のOFDMに適合する種々のランダム系列を用いることができる。さらに、参照信号の印加タイミング（挿入タイミング）は、上述した例のように、 $M=4$ には限定されない。この参照信号挿入タイミングは、長いほうが、実際の信号伝送に与える影響は小さいが、図7および図9を参照して例示した参照信号検出器におけるバッファメモリの数は多くなる。

【0058】

【発明の効果】本発明に基づいて、OFDMの多値QAMを行う変調側で伝送信号に適切に参照信号を送信し、

復調側でその参照信号を検出して、受信した伝送信号の振幅誤差および位相誤差を算出し、受信した伝送信号に振幅補正および位相補正を行い、受信データの精度を高めることができる。換言すれば、本発明によれば、多値QAMを行うOFDMについて、受信精度を高めることができるので、OFDMに多値QAMを適用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のOFDMによる変復調システムにおける実施例としての参照信号発生器を有するOFDM変調器の部分構成図である。

【図2】図1に示したOFDM変調器に適用される複素平面上における16QAMの座標点配置を示す図である。

【図3】図1に示したOFDM変調器内の参照信号発生器で発生される参照信号データの複素平面上の座標点配置を示す図である。

【図4】本発明の直交周波数分割多重方式による変復調システムにおける実施例としての参照信号検出器を有するOFDM復調器の部分構成図である。

【図5】図4に示したOFDM復調器内の参照信号検出器の第1実施例の構成図である。

【図6】図4に示したOFDM復調器内の参照信号検出器の第2実施例の構成図である。

【図7】図4に示したOFDM復調器内の参照信号検出器の第3実施例の構成図である。

【図8】図7に示した状態遷移レジスタの状態遷移図である。

【図9】図4に示したOFDM復調器内の参照信号検出器の第4実施例の構成図である。

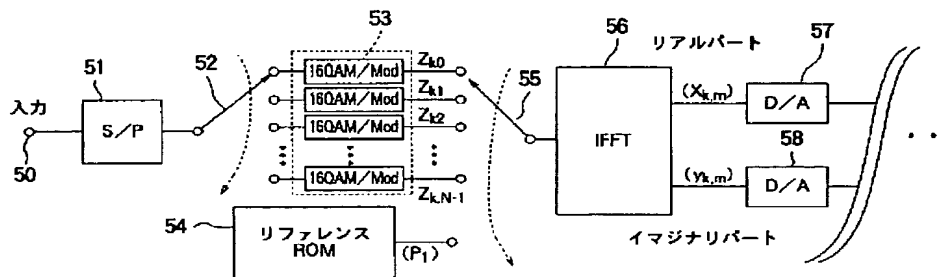
【図10】各搬送波が差動化QPSK変調されたOFDM変調器の構成例を示す図である。

【図11】各搬送波が差動化QPSKされたOFDM復調器の構成例を示す図である。

【符号の説明】

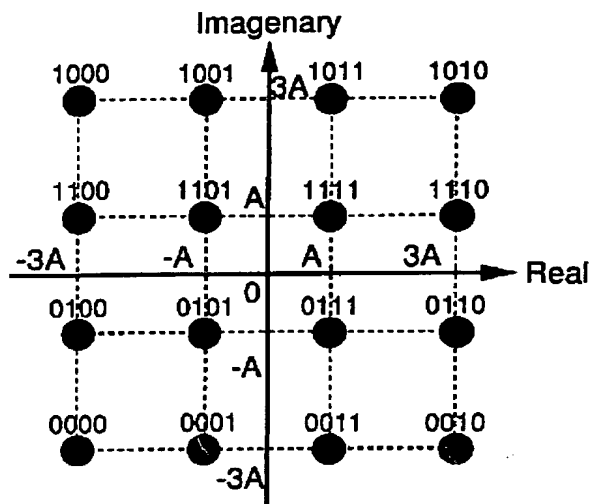
- 50・・・デジタル入力端子
- 51・・・シリアル／パラレル変換器
- 52・・・マルチプレクサ
- 53・・・16QAM符号化器
- 54・・・参照信号発生器
- 55・・・マルチプレクサ
- 56・・・Nポイント離散逆フーリエ変換器
- 57, 58・・・デジタル／アナログ変換器
- 60, 61・・・アナログ／デジタル変換器
- 62・・・Nポイント離散フーリエ変換器
- 63・・・補正器
- 64・・・補正量演算器
- 65・・・参照信号検出器
- 66・・・16QAM復号器
- 67・・・パラレル／シリアル変換器
- 68・・・デジタル出力端子

【図1】



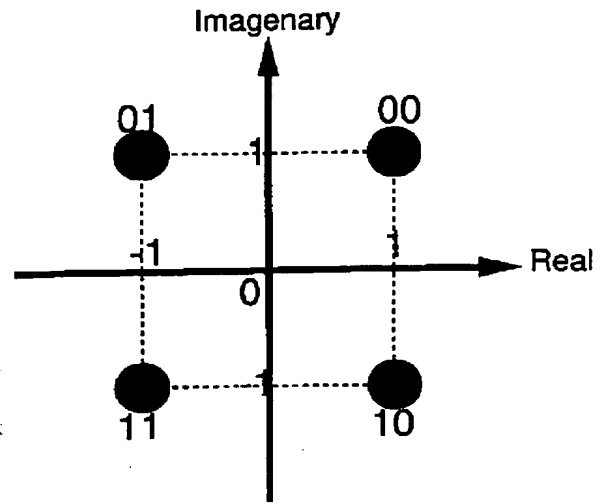
参照信号発生器を有したOFDM変調器の実施例

【図 2】



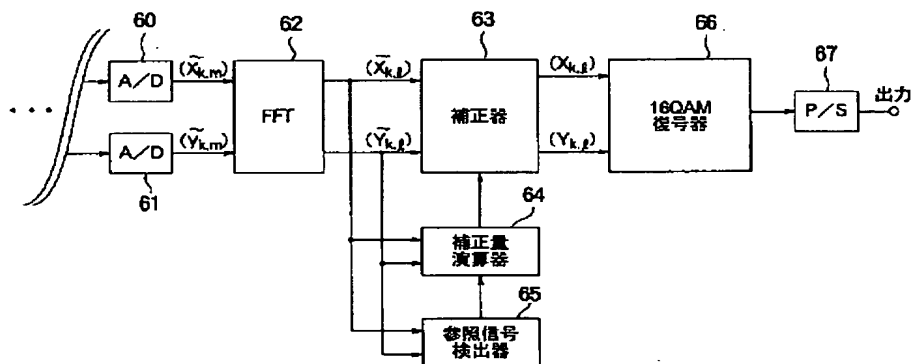
16QAM の復調平面への符号点割り当ての実施例

【図 3】



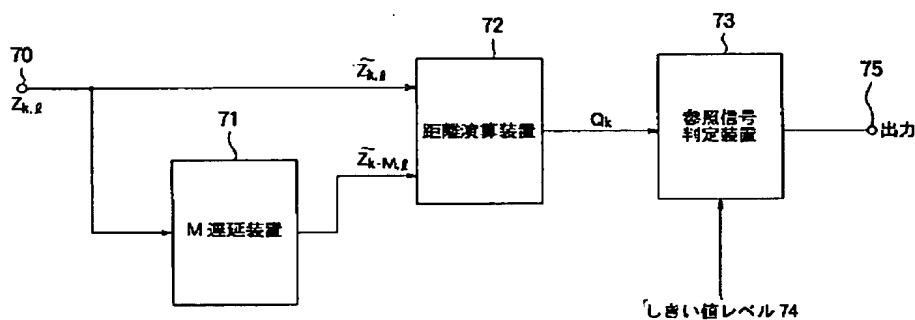
参照信号データの復調平面における座標点配置の実施例

【図 4】



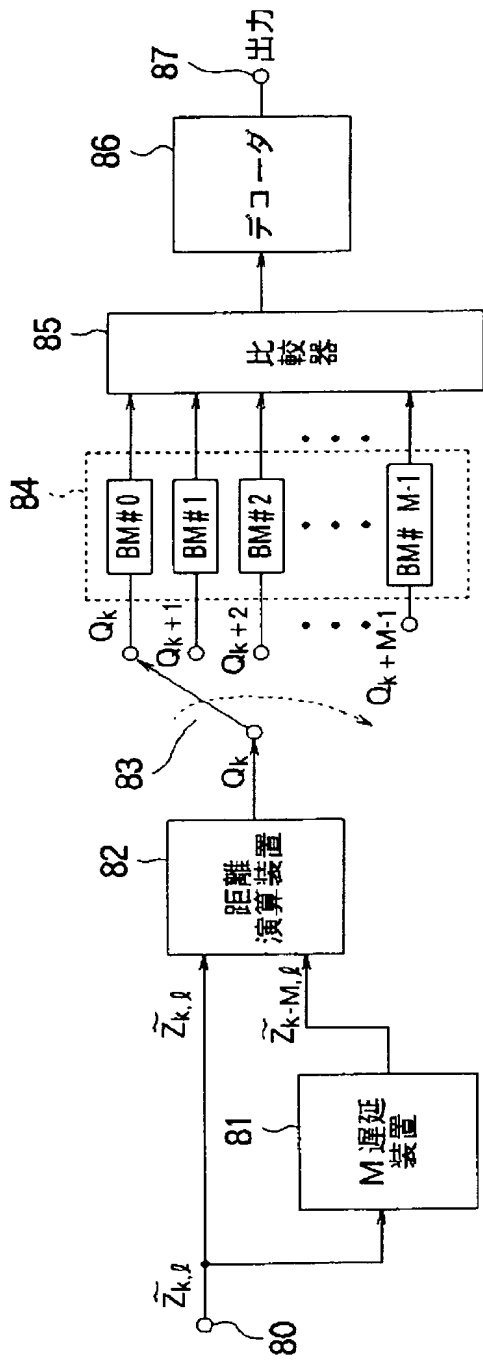
参照信号検出器を有した OFDM 復調器の実施例

【図 5】



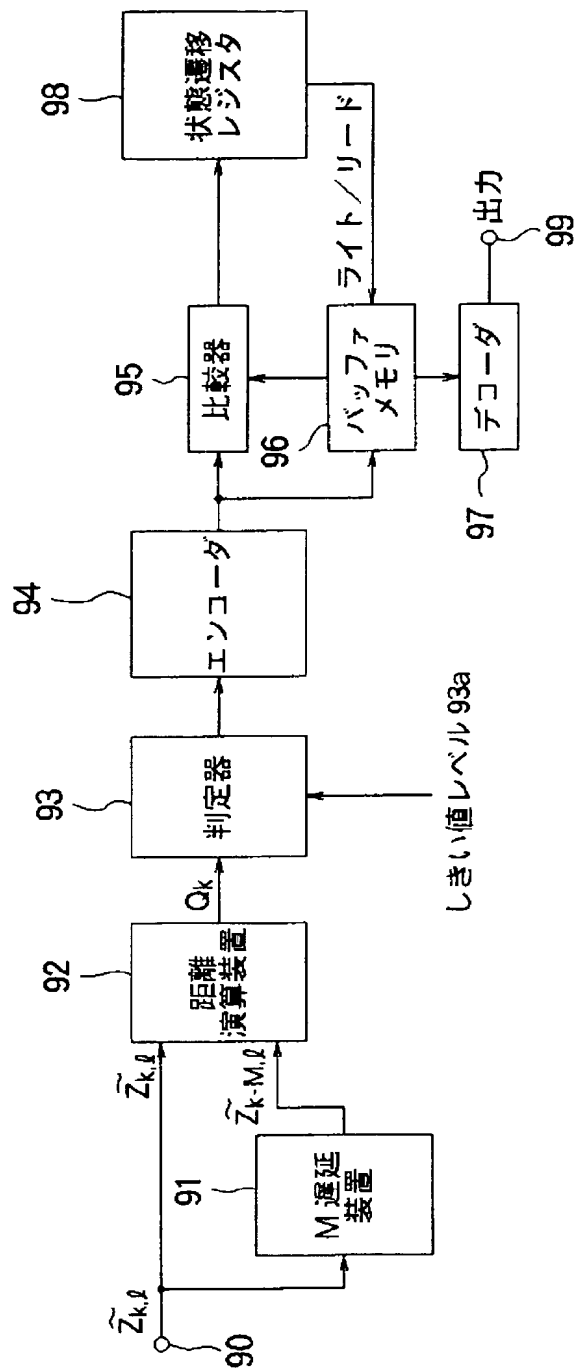
参照信号検出器の第 1 の実施例

【図 6】



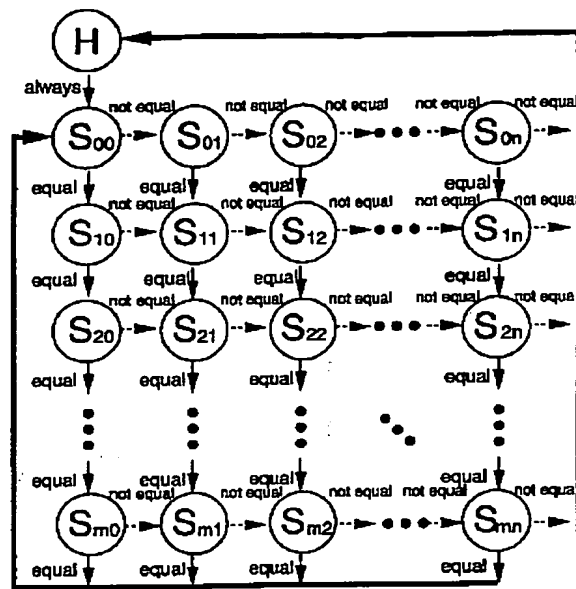
【図 7】

参照信号検出器の第 2 の実施例



参照信号検出器の第 3 の実施例

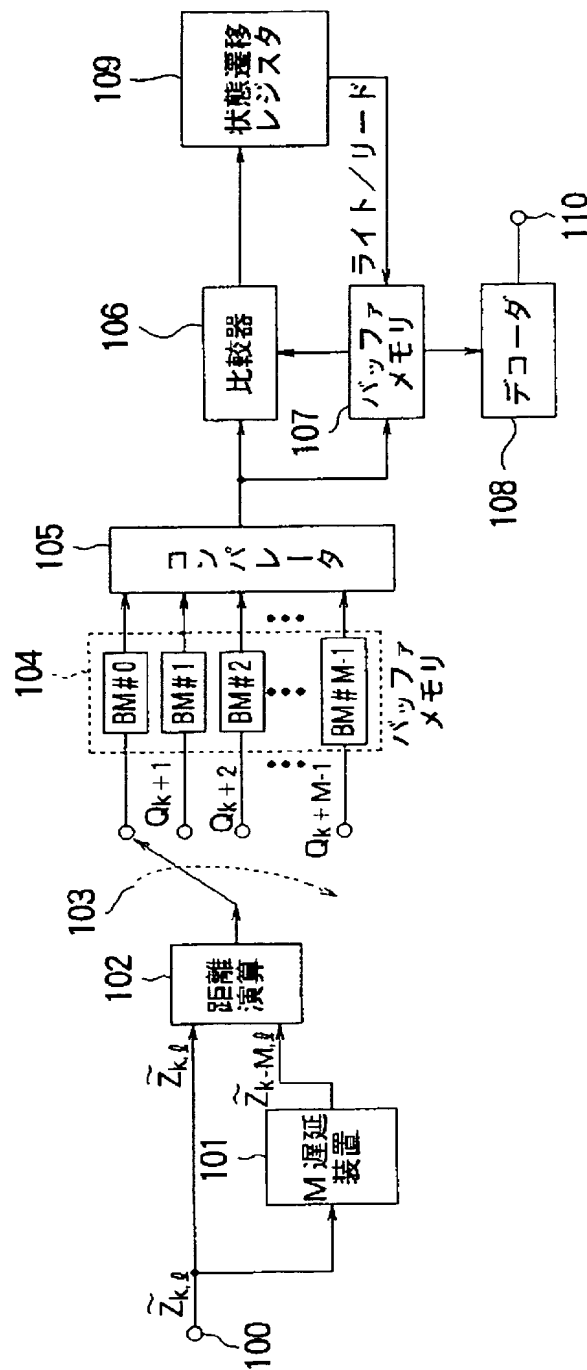
【図 8】



等しい(equal)ならば、下方向に状態を遷移
 等しくない(not equal)ならば、右方向に状態を遷移

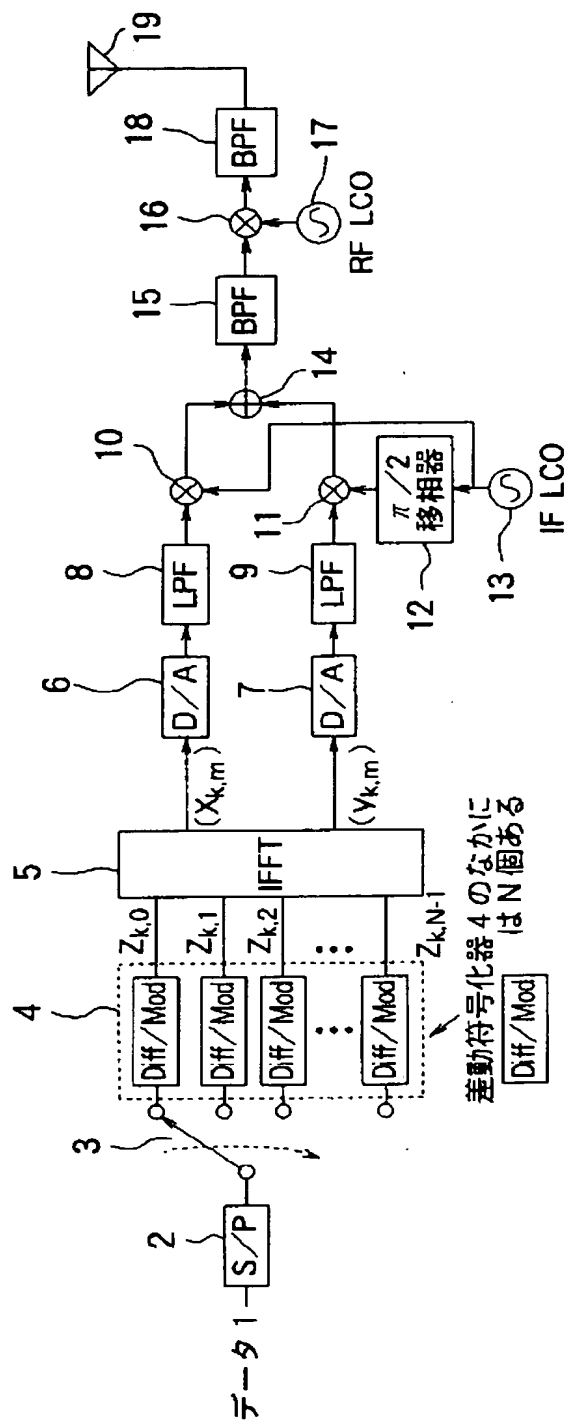
状態遷移レジスタの状態遷移図

【図9】



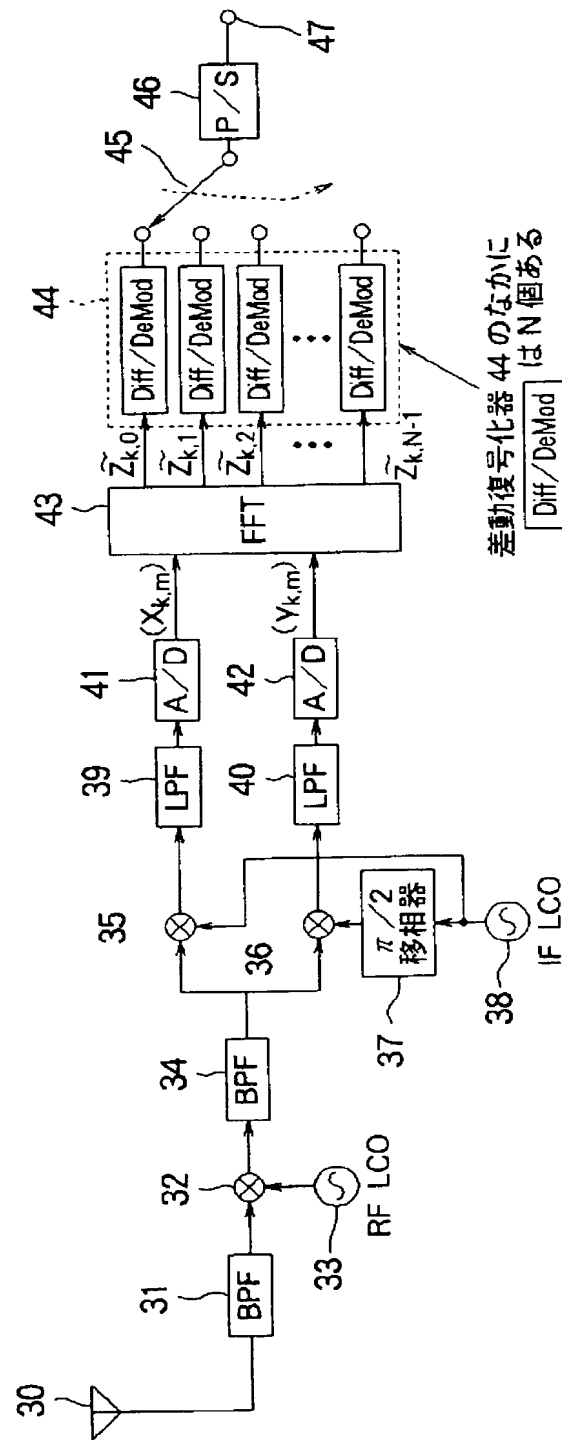
参照信号検出器の第4の実施例

【図10】



差動化 QPSK-OFDM 変調器の実施例

【図11】



差動化 QPSK-OFDM 復調器の実施例

フロントページの続き

(72)発明者 池田 康成
東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

THIS PAGE BLANK (USPTO)